

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
1. September 2005 (01.09.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/080010 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B05D 1/26**,
B29C 41/12, 41/36

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2005/000237

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. Februar 2005 (11.02.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 008 168.9
19. Februar 2004 (19.02.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **VOXELJET GMBH** [DE/DE]; Am Mittleren Moos
15, 86167 Augsburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **EDERER, Ingo**
[DE/DE]; Feuerhausstrasse 3, 82269 Geltendorf (DE).
KASHANI-SHIRAZI, Kaveh [DE/DE]; Hunoldsgraben
38, 86150 Augsburg (DE).

(74) Anwalt: **WAGNER, Sigrid**; Steinsdorfstr. 5, 80538
München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,
PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR APPLYING FLUIDS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM AUFTRAGEN VON FLUIDEN

(57) Abstract: The invention concerns a method and device for applying fluids, particularly particle material, to an area to be coated. According to the invention, the fluid, in a forward movement direction of the coater, is applied to the area to be coated, after which a leveling element is passed over the applied fluid. The fluid is supplied from a dosing system, which is provided with an opening and which oscillates at least during the application of the fluid. The opening should be provided so that, when the dosing system is at a standstill, it is closed by the formation of a cone comprised of the fluid inside this opening.

(57) Zusammenfassung: Vorliegend wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Auftragen von Fluiden, insbesondere Partikelma-
terial, auf einen zu beschichtenden Bereich beschrieben, wobei in Vorwärtsbewegungsrichtung des Beschichters gesehen, das Fluid
auf den zu beschichtenden Bereich aufgetragen wird und danach ein Nivellierelement über dem aufgetragenen Fluid verfahren wird,
wobei das Fluid aus einem mit einer Öffnung versehenen Dosiersystem zugeführt wird, das zumindest beim Auftragen des Fluids
eine Schwingung ausführt. Die Öffnung soll dabei derart vorgesehen sein, dass bei Stillstand des Dosiersystems durch Schüttkegel-
bildung des Fluids in der Öffnung diese verschlossen wird.



WO 2005/080010 A1

Verfahren und Vorrichtung zum Auftragen von Fluiden

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Auftragen von Fluiden, insbesondere Partikelmaterial, auf einen zu beschichteten Bereich gemäß dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 6. Weiterhin betrifft die Erfindung auch die Verwendung einer solchen Vorrichtung und eines solchen Verfahrens.

Aus der PCT-Veröffentlichungsschrift WO 95/18715 ist es bekannt, in einem Verfahren zur Herstellung dreidimensionaler Objekte aus Partikelmaterial, wie einem Rapid-Prototyping-Verfahren, einen Beschichter für das Partikelmaterial zu verwenden, der in Form eines nach unten geöffneten Trichter ausgebildet ist. Dieser Trichter vibriert während des Beschichtungsvorgangs quer zur Verschiebungsrichtung des Beschichters und parallel zur Beschichtungsebene. Mit einem Beschichter, wie er in diesem Dokument beschrieben wird, kann ein ungehindertes Austreten des Partikelmaterials während des Beschichtens gewährleistet und eine Verdichtung desselben erzielt werden.

Dieser Art des Beschichtens weist jedoch den Nachteil auf, dass der Partikelaustritt nicht schaltbar ist, das heißt, dass auch bei einem deaktivierten Vibrationsmechanismus Pulver aus dem Beschichter austritt, sofern dieser nicht anderweitig von unten verschlossen wird.

Daneben ist es aus der DE 102 16 013 A1 bekannt, dass bei einem Verfahren zur Herstellung von dreidimensionalen Objekten aus Partikelmaterial zur Auftragung von Partikelmaterial ein nach unten geöffneter, mit einem schwingenden Nivellierelement verbundener Behälter eingesetzt wird.

Dabei ist ein wesentlicher Vorteil dieser Vorrichtung, dass der Pulverausstoß gesteuert erfolgt. Die Weite des Spaltes ist so eingestellt, dass bei ruhendem Beschichter das Pulver aufgrund von gebildeten Partikelbrücken über den Spalt am Austritt gehindert wird und erst beim Schwingen des Beschichters Partikelmaterial aus dem Spalt heraustritt.

Für sehr feine oder/und sehr rieselfähige Pulvermaterialien, beispielsweise Fluide mit einer Korngröße $< 150 \mu\text{m}$ oder Pulver, die in der Mehrheit aus runden Partikeln bestehen erweist sich dieses Beschichten jedoch als sehr aufwendig, da der Spalt sehr fein gewählt werden muss, um ein Ausfließen des Partikelmaterials bei ruhendem Beschichter zu erzielen, da solche Materialien weniger zur Ausbildung von Partikelbrücken neigen.

Dies erfordert daher eine exakte Justierung der Spaltbreite zum Erzielen des Effektes der genannten Erfindung. Weiterhin ist auch eine konstante Spaltbreite über die gesamte Breite eines Beschichters notwendig. Dies erfordert eine sehr genaue Justierung. Aus fertigungstechnischen Gründen ist dies jedoch kaum möglich beziehungsweise sehr aufwendig.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren, eine Vorrichtung sowie eine Verwendung der Vorrichtung bereitzustellen mit denen eine kontrollierte Dosierung und Auftrag von beliebigen und damit auch feinen oder/und sehr rieselfähigen Pulvern möglich ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst mit einem Verfahren zum Auftragen von Fluiden, insbesondere Partikelmaterial, auf einen zu beschichtenden Bereich, wobei in Vorwärtsbewegungsrichtung des Beschichters gesehen, das Fluid auf den zu beschichtenden Bereich aufgetragen wird und danach ein Nivellierelement über dem aufgetragenen Fluid verfahren wird, wobei das Fluid aus einem mit einer Öffnung versehenen Dosiersystem zugeführt wird, das zumindest beim Auftragen des Fluids eine Schwingung ausführt und die Öffnung bei Stillstand des Dosiersystems durch Schüttkegelbildung des Fluids in der Öffnung verschlossen wird.

Das Dosiersystem weist einen mit einer Öffnung versehenen schwingenden Behälter auf, wobei die Öffnung derartig ausgebildet ist, dass bei ruhendem Dosiersystem auf Grund von Bildung eines Schüttkegels in der Öffnung kein Material ausfließt und bei aktiviertem Schwingmechanismus der Schüttkegel zusammenbricht und Partikelmaterial ausgefördert wird.

Das Nivellierelement kann hierbei als Klinge ausgebildet sein, die entweder nur starr über dem Fluid verfahren wird oder auch schwingt, gegebenenfalls mit dem Dosiersystem.

Unter Vorwärtsbewegung der Klinge ist die Verfahrerrichtung des Beschichters beim Beschichtungsschritt zu verstehen.

Ist eine Beschichtung in zwei oder mehr Verfahrerrichtungen des Beschichters möglich, so kann die Vorwärtsbewegung auch in mehreren Richtungen möglich sein.

Als Nivellierelement eignet sich jedoch ebenso eine Walze mit einer Achse parallel zur Oberfläche des zu beschichtenden Bereichs und senkrecht zur Beschichtungsrichtung. Die Walze kann starr stehen, oder aber um ihre eigene Achse rotieren. Die Drehrichtung ist Vorteilhafterweise entgegen der Vorwärtsfahrtrichtung des Beschichters gerichtet, um das Fluid aus dem Spalt zwischen Walze und Pulverbetttoberfläche zu fördern.

Das Fluid wird gemäß der vorliegenden Erfindung aus einem mit einer Öffnung versehenen Dosiersystem aufgetragen, wobei die Öffnung, bildlich beschrieben, in Richtung senkrecht zum zu beschichtenden Bereich gesehen mit einem Winkel α dazu vorgesehen ist. Man könnte umgangssprachlich auch sagen, es ist eine Art „seitliche“ Öffnung vorgesehen. Es erfolgt also kein Auftrag in Richtung senkrecht auf den zu beschichtenden Bereich.

Die Öffnung wird bei ruhendem Behälter auf Grund der Bildung eines Schüttkegels in der Öffnung vom Partikelmaterial selbst blockiert. Es fließt also nicht mehr unkontrolliert, wie bei Verfahren des Standes der Technik, beim Stillstand des Beschichters weiter aus, sondern wird durch die erfindungsgemäße Anordnung der Öffnung beim Stillstand des Beschichters zurückgehalten.

Die Öffnung kann dabei jede dem Verfahren angepasste Breite aufweisen. Soll sich ein Bauteil im Wesentlichen über die gesamte Breite des zu beschichtenden Bereichs erstrecken,

so erstrecken sich in vorteilhafter Weise auch der Beschichter und die Öffnung im Wesentlichen über dessen gesamte Breite. Es wären aber auch durchaus eine und/oder mehrere kleinere Öffnungen möglich.

Die Schwingung des Dosiersystems kann gemäß der vorliegenden Erfindung jeder Richtung, horizontal oder/und vertikal erfolgen. Besonders gute Ergebnisse konnten erzielt werden, wenn die Schwingung sowohl vertikale als auch horizontale Komponenten enthält. Insbesondere hat sich eine Schwingung nach Art einer Drehbewegung als vorteilhaft erwiesen.

Besonders gute Beschichtungsergebnisse konnten mit einem erfindungsgemäßen Verfahren erreicht werden, wenn das Nivellierelement ebenso beim Überfahren des aufgetragenen Fluids schwingt. Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung schwingt das Nivellierelement mit dem Dosiersystem mit.

Bei einer derartigen Ausführung der vorliegenden Erfindung kann die Verdichtung des Fluids durch zwei Effekte erzielt werden.

Durch die Schwingung beziehungsweise Vibrationen des Behälters und des Fluids sortieren sich die Partikel des zu beschichtendem Materials zu einer höheren Packungsdichte. Schwingt zudem das Nivellierelement in horizontaler und/oder vertikaler Richtung, erreicht man durch die Bewegung zusätzlich eine Verdichtung des Fluids unter dem Nivellierelement.

Jedoch muss beachtet werden, dass eine zu starke, auf diese Weise erzielte Verdichtung des Partikelmaterials zu einer Bewegung im Pulverbett über die aktuelle Schicht hinaus führen kann und somit zu einer Zerstörung der darin gedruckten Struktur führt.

Dadurch, dass gemäß der vorliegenden Erfindung das Partikelmaterial schon vor der Beschichtung im Dosiersystem durch die Schwingung kompaktiert wird, also vor der Auslegung der Schicht stattfindet, kann die Verdichtung durch das Nivellierelement sehr schonend durchgeführt werden. Eine Beschädigung des zu beschichtenden Bereichs wird dadurch vermieden.

Die Verdichtung des Pulverbetts ist über den zu beschichtenden Bereich im wesentlichen homogen und nicht abhängig von der Verfahrerrichtung des Beschichters, wie dies bei den Verfahren des Standes der Technik der Fall ist. Dadurch ist es möglich, in einmaliger Beschichterfahrt ein ausreichend gutes Beschichtungsergebnis zu erzielen. Dies führt zu einer Zeiteinsparung gegenüber den Verfahren des Standes der Technik, bei denen üblicherweise erst nach einer zweimaligen Beschichterfahrt ein ausreichend homogenes Beschichtungsergebnis erzielt werden kann.

Wenn es die weitere Ausgestaltung der Rapid-Prototyping-Vorrichtung erfordert, kann der Beschichter, beziehungsweise das Dosiersystem, nach einmaligem Überfahren des zu beschichtenden Bereichs mit erhöhter Geschwindigkeit und ohne Schwingbewegung und damit ohne Partikelausstoß über das Pulverbett in die Ausgangslage zurückgeführt werden. Das zuvor erzielte Beschichtungsergebnis wird dabei nicht beeinträchtigt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung soll eine für die Beschichtung benötigte Dosiermenge des Fluids stets kleiner sein als ein im Behälter zur Verfügung stehendes Restvolumen des Fluids.

Durch das Schwingen des Dosiersystems, beziehungsweise des Behälters, kann das Fluid auf den zu beschichtenden Bereich dosiert werden. Bei Betätigung des Schwingmechanismus des Behälters wird das Fluid, beziehungsweise Partikelmaterial, im Behälter fluidisiert und fließt aus der Öffnung des Dosiersystems vor das Nivellierelement. Im Fall des Stillstandes des Schwingmechanismus verbleibt auf Grund der Bildung eines Schüttkegels in der Öffnung das Partikelmaterial im Behälter.

Die Drehbewegung der Schwingung des Beschichters, des Dosiersystems oder/und des Nivellierelementes wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vorzugsweise über Exzenter erzielt, die auf einer Antriebsmotorwelle drehfest angebracht sind.

Die Kraftübertragung vom Exzenter auf den Beschichter, das Dosiersystem oder/und das Nivellierelement kann beispielsweise formschlüssig, also durch direktes Aufbringen eines Wälzlager auf den Exzenter dargestellt werden.

Dieses erfindungsgemäße Verfahren kann vorzugsweise mit einer Vorrichtung zum Auftragen von Fluiden auf einen zu beschichtenden Bereich durchgeführt werden, wobei ein Nivellierelement und in Vorwärtsbewegungsrichtung des Nivellierelements gesehen eine Dosiervorrichtung

vorgesehen ist, mittels der auf den zu beschichtenden Bereich Fluid aufgetragen wird und beide über dem aufgetragenen Fluid verfahrbar sind, wobei die Dosiervorrichtung mit einer Öffnung versehen ist und eine Schwingung ausführen kann. Die Öffnung ist gemäß der vorliegenden Vorrichtung derart vorgesehen, dass sie bei Stillstand des Dosiersystems durch Schüttkegelbildung des Fluids in der Öffnung verschlossen wird.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die Vorrichtung derart vorgesehen, dass das Dosiersystem, beziehungsweise der Behälter mit dem Nivellierelement verbunden ist.

Mit einer solchen bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist es möglich, den Austritt des Partikelmaterials möglichst nahe am Nivellierelement zu legen. Darüber hinaus ist es so möglich, dass der Schwingmechanismus sowohl das Dosiersystem als auch das Nivellierelement antreibt.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist der Behälter des Dosiersystems im wesentlichen als ein Trichter ausgestaltet.

Bei der Betätigung des Schwingungsmechanismus des Behälters, also hier Trichters, wird das Partikelmaterial im Trichter fluidisiert und fließt aus der seitlichen Öffnung, die beispielsweise als Spalt ausgebildet sein kann, vor das Nivellierelement.

Im anderen Fall bleibt das Partikelmaterial im Behälter, wenn der Spalt (Länge und Höhe) entsprechend eingestellt ist, dass auf Grund der Bildung eines Schüttkegels in der Öffnung weiteres Material am Austreten gehindert wird. Der

Trichter kann somit eine wesentlich größere Menge an Material mitführen als für die aktuelle Schicht nötig ist.

Damit ergibt sich zum einen eine wesentlich geringere Menge an Abfallmaterial. Zum anderen sinken die Anforderungen an das Zuführsystem, das das Partikelmaterial in den Trichter dosiert. Es muss lediglich für eine gleichmäßige Mengenverteilung im Behälter über die Beschichterbreite beziehungsweise die Breite der Öffnung gesorgt werden.

Eine mögliche Überfüllung beziehungsweise das zu starke Absinken des Vorrats im Trichter könnte vorzugsweise über einen Füllstandssensor überwacht werden und gegebenenfalls kann ein Auffüllen des Trichters aus dem Zuführsystem erfolgen. Dies ist beispielsweise nach einer Beschichterschaft möglich.

Die das Dosiersystem und das Nivellierelement aufweisende Beschichtereinheit ist möglichst steif aufzubauen, um die auftretenden Schwingungen exakt übertragen zu können.

Die Öffnung des Behälters, vorzugsweise ein Spalt, ist vorteilhafterweise in Höhe und Länge so zu dimensionieren, das bei ruhendem Beschichter kein Partikelmaterial selbstständig aus dem Behälter beziehungsweise Trichter fließt und bei aktiviertem Vibrationsmechanismus gerade so viel Material ausgeworfen wird, wie zur Beschichtung notwendig ist. Die Auswurfmenge wird vorzugsweise über die Spalthöhe und Schwingungsamplitude des Dosiersystems reguliert.

Dabei hat sich herausgestellt, dass ein langer Spalt höher gewählt werden muss, um den gleichen Materialauswurf zu erzielen wie ein kurzer Spalt. Um einen gleichmäßigen Auswurf über die gesamte Beschichterbreite zu erzielen, ist es also sinnvoll, einen langen und hohen Spalt zu wählen. Auf diese Weise ist das Dosiersystem leichter einstellbar, toleranter gegenüber Schwankungen der Spaltdimension und unempfindlicher gegen Verstopfung des Spalts.

Wenn der Spalt zu groß eingestellt ist, häuft sich während des Betriebes des Beschichters Partikelmaterial vor der Klinge an. Um ein gutes Beschichtungsergebnis zu erhalten sollte die Menge vor dem Nivellierelement während des gesamten Beschichtungsvorgangs konstant bleiben.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird dies dadurch erreicht, dass der Spalt möglichst nahe über der zu beschichteten Oberfläche direkt bei dem Nivellierelement angebracht ist. Der Spalt kann dann so dimensioniert werden, dass bei aktiviertem Vibrationsmechanismus relativ viel Partikelmaterial ausgestoßen wird. Bei der Beschichterfahrt häuft sich das Partikelmaterial so weit an, bis es die Dosieröffnung erreicht. Durch das angehäuften Partikelmaterial wird nun weiteres Material daran gehindert aus dem Vorrat durch die Öffnung auszutreten. Auf diese Weise lässt sich ohne aufwendige Justagearbeiten an der Spalthöhe eine konstante Pulvermenge vor dem Nivellierelement erzielen.

Ein solches selbst-einstellendes System hat einen wesentlichen Vorteil gegenüber den bekannten Beschichtungsverfahren, da keine genaue Justierung der

Öffnung notwendig ist. Dies ist insbesondere bei sehr breiten Öffnungen sehr aufwendig.

Das Nivellierelement glättet und verdichtet das aufgetragene Material. Vorzugsweise wird eine in der Neigung veränderbare Klinge mit einer bestimmten Auflagelänge gewählt. Über die Neigung der Auflagefläche zur Beschichtungsoberfläche lässt sich die Verdichtung der Schicht gut einstellen.

Die Klinge weist gemäß einer bevorzugten Ausführungsform verrundete Kanten auf. Auf diese Weise wird eine Beschädigung der aufgetragenen Schichtoberfläche vermieden. Die Verrundungen haben dabei vorzugsweise einen Radius von 0,2 bis 1 mm.

Der Beschichter, der mindestens aus einem Dosiersystem und dem Nivellierelement besteht, wird durch einen Oszillator zum Schwingen angeregt. Die Schwingung geschieht vorteilhafterweise hauptsächlich in Beschichtungsrichtung. Es ist jedoch auch möglich das System mit einer zusätzlichen vertikalen Komponente schwingen zu lassen, um so eine noch höhere Verdichtung des Partikelmaterials zu erzielen. Jedoch muss beachtet werden, dass eine zu starke Verdichtung des Partikelmaterials zu einer Bewegung im Pulverbett über die aktuelle Schicht hinaus führen kann und somit zu einer Zerstörung der darin gedruckten Struktur führt.

Über die Frequenz und Amplituden (horizontal und vertikal) des Oszillators kann zum einen die Verdichtung und zum anderen die Auswurfmenge des Dosiersystems eingestellt werden.

Wie bereits angesprochen eignet sich die erfindungsgemäße Beschichtungsvorrichtung besonders für die Verwendung von sehr feinen Partikelmaterialien (von Korngrößen $< 150 \mu\text{m}$), wie sie bei den gängigen Rapid-Prototyping-Verfahren, wie dem beispielsweise aus der EP 0 431 924 bekannten 3D-Printing oder selektivem Lasersintern, verwendet werden. Bei diesen Verfahren entscheidet die Körnung der Partikelmaterials über die mögliche Schichtdicke und somit über die Genauigkeit und Auflösung der gedruckten Teile.

Im Unterschied zu Verfahren des Standes der Technik können sowohl Partikelmaterialien mit abgerundeten Körnern und damit hoher Fließfähigkeit als auch Pulver mit kantigen Partikeln und geringerer Fließfähigkeit verarbeitet werden. Durch die Fluidisierung des Partikelmaterials im Dosiersystem ergibt sich in beiden Fällen ein homogenes Beschichtungsergebnis.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können Kunststoffpartikelmaterialien wie z.B. PMMA, PA oder PS, unterschiedlichste Metallpulver sowie auch Formsande wie Quarzsand, Zirkonsand, Magnetit oder Chromerzsand verarbeitet werden. Die Wahl des Werkstoffes hängt ausschließlich vom gewählten Schichtbauverfahren und den Eigenschaften des Zielwerkstoffes ab.

Die Partikelmaterialien können homogen oder als Partikelmischung bzw. gecoatete Pulver vorliegen. Es ist auch denkbar, dass dem Partikelmaterial vor dem Beschichtungsvorgang andere Stoffe in Form von Flüssigkeiten zugemischt werden.

Andere Pulvermischungen enthalten zum Beispiel Fasermaterialien zur späteren Verstärkung des Bauteils.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie der Beschreibung.

Zur näheren Erläuterung wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben.

In der Zeichnung zeigt dabei:

Figur 1 die Abfolge eines erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer bevorzugten Ausführungsform; und

Figur 2 die erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform.

Beispielhaft soll im Folgenden das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung für den Einsatz beim schichtweisen Aufbau von Gussmodellen aus Partikelmaterial und Bindemittel bei einem Rapid-Prototyping-Verfahren erläutert werden.

Insbesondere soll dabei von sehr feinen und fließfähigen Partikelmaterial ausgegangen werden, das üblicherweise bei solchen Rapid-Prototyping-Verfahren eingesetzt wird.

Bezugnehmend auf Figur 1 wird im Folgenden die Abfolge der Beschichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben.

Bei einem Aufbauverfahren eines Bauteiles, wie beispielsweise eines Gussmodells, wird eine Bauplattform 4, auf der das Modell aufgebaut werden soll, um eine Schichtstärke des Partikelmaterials 5 abgesenkt. Danach wird das Partikelmaterial 5, beispielsweise sehr feines Kunststoffpulver in einer gewünschten Schichtstärke aus einem Behälter, hier einem Trichter 3, auf die Bauplattform 4 aufgetragen. Danach schließt sich das selektive Auftragen von Bindemittel auf auszuhärtende Bereiche an. Dies kann beispielsweise mittels eines Drop-on-demand-Tropfenerzeugers, nach Art eines Tintenstrahldruckers, durchgeführt werden. Diese Auftragungsschritte werden wiederholt, bis das fertige Bauteil, eingebettet in loses Partikelmaterial 5 erhalten wird.

Am Anfang steht der Beschichter 1 in der Ausgangslage, was in Figur 1a dargestellt ist. Er wird zunächst über eine Befüllvorrichtung 2 befüllt, wenn der Füllstandssensor ein Unterniveau in einem Behälter, der hierbei als Trichter 3 ausgebildet ist, erkannt hat.

Wie in Figur 1b dargestellt ist, wird im Folgenden zum Aufbau eines Modells die Bauplattform 4 um mehr als eine Schicht abgesenkt.

Danach fährt der Beschichter 1, wie in Figur 1c gezeigt, ohne Oszillationsbewegung und damit ohne Förderwirkung in die Position gegenüber der Befüllvorrichtung 2, bis er über dem Rand der Bauplattform 4 steht.

Nun wird die Bauplattform 4 genau auf Schichthöhe angehoben, was aus Figur 1d gesehen werden kann. Das heißt,

dass die Bauplattform 4 nun genau um eine Schichthöhe abgesenkt ist.

Jetzt beginnt der Beschichter 1 zu oszillieren und fährt in konstanter Fahrt über die Bauplattform 4. Dabei gibt er Partikelmaterial 5 in genau der richtigen Menge ab und beschichtet die Bauplattform 4. Dies ist in Figur 1e gezeigt.

Die Verfahrensgeschwindigkeit des Beschichters beträgt dabei ohne Einschränkung zwischen 10 und 200 mm/s. Die wählbare Beschichtungsgeschwindigkeit hängt maßgeblich von der ausgestoßenen Partikelmenge und der Beweglichkeit der Einzelpartikel ab. Bei im Verhältnis zum Partikelausstoß zu groß gewählter Verfahrensgeschwindigkeit, bilden sich Fehlstellen im Pulverbett aus, die im schlimmsten Fall zur Delamination des Bauteils führen können. Generell sind jedoch aus Produktivitätsgründen höhere Beschichtungsgeschwindigkeiten vorteilhaft.

Eine ungünstige Konstellation von Verfahrensgeschwindigkeit zu Oszillationsbewegung des Nivellierelementes führt zu sogenannten Rattermarken an der Pulverbetttoberfläche, die die Bauteilqualität negativ beeinflussen. Generell gilt, je höher die Beschichtungsgeschwindigkeit gewählt wird, desto höher sollte die Schwingfrequenz am bewegten Nivellierelement sein.

Der Beschichter 1 fährt nach der Beschichtungsfahrt ohne Schwingbewegung in Eilfahrt, das heißt möglichst schnell, zur Ausgangsposition zurück und kann bei Bedarf über die Befüllvorrichtung 2 neu befüllt werden. Dies ist in Figur 1f gezeigt, die der Figur 1a entspricht.

Um eine ungleichmäßige Befüllung des Beschichters 1 über seine Länge auszugleichen, kann nach einer bestimmten Zeit der Trichter 3 über dem Abfallbehälter 6 durch Oszillation des Trichters 3 im Stand entleert und anschließend wieder befüllt werden.

Der Druckprozess, bzw. Belichtungsprozess zum Härten des mit Bindemittel versehenen Partikelmaterials 1 kann schon während oder auch nach dem Beschichten erfolgen.

Die Figur 2 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung nach einer bevorzugten Ausführungsform.

Insbesondere auch zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eignet sich eine Vorrichtung gemäß der gezeigten bevorzugten Ausführungsform.

Es wird gemäß der Figur 2 Partikelmaterial 5 auf einen zu beschichtenden Bereich aufgetragen, wobei eine Schwinge 7, die eine Dosiervorrichtung 3 beinhaltet, in Vorwärtsbewegungsrichtung 16 der Klinge 14 gesehen Partikelmaterial 5 auf die Bauplattform 4 aufträgt. Weiterhin ist als Nivellierelement eine Klinge 14 vorgesehen, die das aufgetragene Material verdichtet, glättet und für eine konstante Schichtdicke H_s des aufgetragenen Partikelmaterials 5 sorgt.

Die Schwinge 7 ist gemäß der gezeigten bevorzugten Ausführungsform derart an den Beschichterhauptträger 10 angebracht, dass sie eine Schwingung nach Art einer Drehbewegung die durch den Pfeil 8 angedeutet ist, durchführen kann. Der Beschichterhauptträger 10 erstreckt

sich hierbei gemäß einer bevorzugten Ausführungsform über die gesamte Breite der Bauplattform 4. Die Drehachse 9 der Schwinge 7 liegt gemäß dieser gezeigten bevorzugten Ausführungsform senkrecht zur durch den Pfeil 16 dargestellten Verfahrbewegung und parallel zur Längsachse der Schwinge 7.

Die Dosiervorrichtung 3 beinhaltet im vorliegenden Fall einen Behälter, einen trichterförmigen Partikelvorrat, der durch die Schwinge 7 und ein entsprechendes Blech 17 gebildet wird, und weist einen Dosierspalt auf, der sich in dem Behälter, der hier die Form eines Trichters aufweist, seitlich, das heißt in Richtung senkrecht zur Beschichtungsrichtung gesehen mit einem Winkel α dazu und in Fahrtrichtung vor und oberhalb der Abstreiferklinge 14 befindet. Gemäß der Zeichnung beträgt α hier ungefähr 90° . Dies soll jedoch nur als Beispiel dienen.

Das Blech 17 und die Klinge 14 sind derart angeordnet, dass die Spalthöhe H und Spaltlänge L der als Spalt ausgestalteten Öffnung 11 derart bemessen ist, dass bei deaktiviertem Vibrationsmechanismus kein Partikelmaterial 5 aus dem Vorrat austritt und bei aktiviertem Vibrationsmechanismus mehr Partikelmaterial 5 ausgeworfen wird, als für das Auslegen der komprimierten Schicht benötigt wird. Die Höhe des Spaltes 11 kann mittels des Riegels 18 eingestellt werden.

Das überschüssige Material sammelt sich vor der Klinge 14. Erreicht das überschüssige Partikelmaterial 5 vor der Klinge 14 die Öffnung 11, die hier als Spalt ausgebildet ist, wird weiteres Partikelmaterial 5 am Austreten aus der Öffnung 11 gehindert. Auf diese Weise stellt sich bei der

Beschichterfahrt entlang der Klinge 14 eine gleichmäßig große Ansammlung von Partikelmaterial 5 vor der Klinge 14 ein. Das führt zu einem gleichmäßigen Beschichtungsergebnis über die gesamte Breite des Beschichters und über die gesamte Länge des Baufeldes 4.

Die Schwinge 7 mit der fest verbundenen beziehungsweise enthaltenden Dosiereinrichtung und Klinge 14 bewegt sich bei der Oszillationsbewegung gemäß dem Pfeil 8 um die Drehachse 9. Dabei wird zum einen eine Bewegung in Fahrtrichtung ausgeführt. Durch eine andere Anordnung der Drehachse 9 kann aber auch eine Bewegung mit einem zusätzlichen Vertikalanteil realisiert werden, um eine dadurch erreichte vertikale Bewegung der Klinge 14 einen zusätzlichen Komprimierungseffekt der aufgetragenen Schicht zu erzielen.

Die Auslenkung der Schwinge 7 kann durch die Größe des Exzenters 12 und dessen Verbindungspunkt 19 mit der Schwinge 7 so eingestellt werden, dass die Amplitude der Bewegung der Klinge 14 zwischen 0,05 und 1 mm liegt.

Die Amplitude und Frequenz der Schwingung werden dabei so angepasst, dass eine ausreichende Komprimierung der Partikelschicht stattfindet und ausreichend Partikelmaterial 5 durch das Dosiersystem gefördert wird. Dabei sind die Amplitude und die Schwingungsrichtung so zu wählen, dass keine Beschädigung des unter der Schicht liegenden Bereichs eintritt.

Die Vorrichtung ist gemäß der gezeigten Ausführungsform auch derart ausgestaltet, dass ein Antrieb des Beschichters 4 über zumindest einen schnell laufenden Elektromotor, der

über einen Exzenter 12 die Schwinge 7 zum Schwingen bringt, erfolgt.

Der verwendete Motor zum Antreiben des Exzenters 12 hat hierbei beispielsweise eine Nenndrehzahl bei 12 V von 3000 U/min, der Hub des Exzenters 12 beträgt 0,15 mm, was gemäß dem beschriebenen Beispiels einer Amplitude an der Spitze der Klinge 14 von 0,20 mm entspricht. Bei 15 V wurde eine Drehzahl von 4050 U/min gemessen. Dieser Wert entspricht 67,5 Hz. Je nach Breite der Klinge 7 kann es notwendig sein, mehrere Anlenkungspunkte vorzusehen.

Die Klinge 14 weist weiterhin verrundete Kanten 13 auf. Auf diese Weise wird eine Beschädigung der aufgetragenen Schichtoberfläche vermieden. Die Verrundungen haben vorzugsweise einen Radius von 0,2 bis 1 mm.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Auftragen von Fluiden, insbesondere Partikelmaterial, auf einen zu beschichtenden Bereich, wobei in Vorwärtsbewegungsrichtung des Beschichters gesehen, das Fluid auf den zu beschichtenden Bereich aufgetragen wird und danach ein Nivellierelement über dem aufgetragenen Fluid verfahren wird, wobei das Fluid aus einem mit einer Öffnung versehenen Dosiersystem zugeführt wird, das zumindest beim Auftragen des Fluids eine Schwingung ausführt,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass die Öffnung (11) bei Stillstand des Dosiersystems (3) durch Schüttkegelbildung des Fluids (5) in der Öffnung (11) verschlossen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass die Schwingung horizontale oder/und vertikale Komponenten aufweist oder/und im Wesentlichen nach Art einer Drehbewegung (8) erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass das Nivellierelement als Klinge (14) ausgebildet ist, die mit dem Dosiersystem (3) schwingt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Nivellierelement als rotierende Walze ausgebildet
ist, deren Drehbewegung entgegen der Vorwärtsfahrtrichtung
des Beschichters gerichtet ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass eine Dosiermenge des Fluids (5) stets kleiner als ein
im Dosiersystem (3) zur Verfügung stehendes Restvolumen des
Fluids (5) ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Nivellierelement eine Höhe des Fluids senkrecht
zum zu beschichtenden Bereich einstellt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass ein Schichtaufbau des zu beschichtenden Bereichs durch
wiederholtes Auftragen des Fluides erfolgt.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Drehbewegung (8) über Exzenter (12) erzielt wird.

9. Vorrichtung zum Auftragen von Fluiden, insbesondere
bei einem Verfahren nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, auf einen zu beschichtenden Bereich, wobei ein
Nivellierelement und in Vorwärtsbewegungsrichtung des
Nivellierelementes gesehen eine Dosiervorrichtung
vorgesehen ist, mittels der auf den zu beschichtenden

Bereich Fluid aufgetragen wird und die Klinge über dem aufgetragenen Fluid verfahrbar ist, wobei die Dosiervorrichtung mit einer Öffnung versehen ist und eine Schwingung ausführen kann,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass, die Öffnung (11) derart vorgesehen ist, dass sie bei Stillstand des Dosiersystems (3) durch Schüttkegelbildung des Fluids (5) in der Öffnung (11) verschlossen wird.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass das Nivellierelement (14) mit dem Dosiersystem (3) verbunden ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass das Nivellierelement (14) einen Teil des Dosiersystems (3) bildet.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass das Dosiersystem (3) im Wesentlichen trichterförmig ausgestaltet ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass das Dosiersystem (3) einen Füllstandssensor aufweist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Öffnung (11) möglichst nahe über dem zu beschichteten Bereich (4) und in Vorwärtsbewegungsrichtung des Dosiersystems (3) gesehen, vor dem Nivellierelement

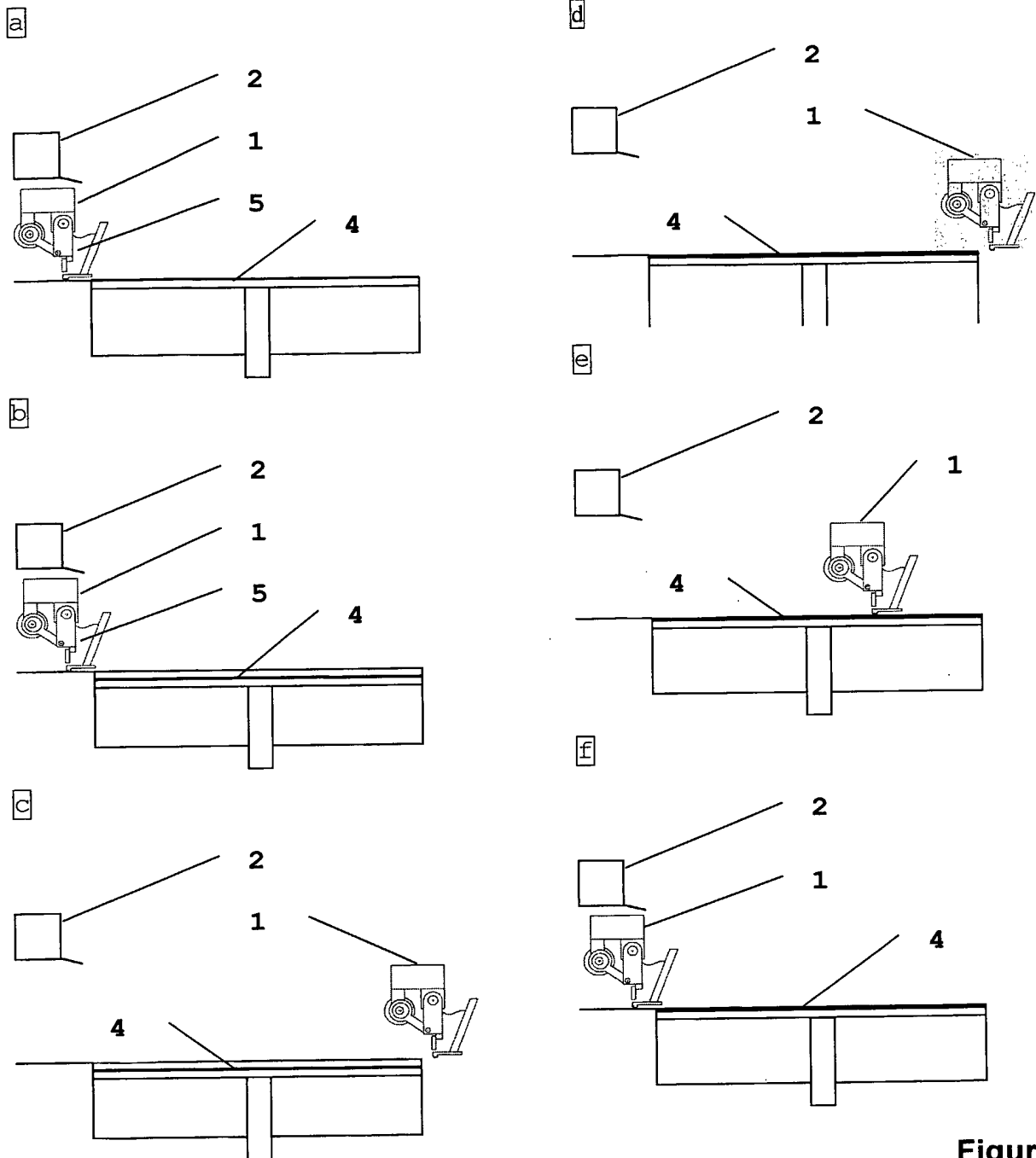
(14) angebracht ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Öffnung (11) derart bemessen ist, dass mehr Fluid (5) durchtritt, als zur momentanen Beschichtung benötigt wird.

16. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 15 zum Auftragen von sehr feinem Partikelmaterial (5), insbesondere Kunststoffpartikelmaterial, Metallpulver oder Formsand.

17. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 15 bei einem Verfahren zum Aufbau von Modellen.

18. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 15 bei einem Verfahren zum Aufbau von Formen.



Figur 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2005/000237

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B05D1/26 B29C41/12 B29C41/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B05D B29C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 03/086726 A (GENERIS GMBH; HOECHSMANN, RAINER; KUDERNATSCH, ALEXANDER) 23 October 2003 (2003-10-23) cited in the application paragraph '0025!; claims; figure C -----	1,9, 16-18

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 May 2005

Date of mailing of the international search report

30/05/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Polesak, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2005/000237

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 03086726	A	23-10-2003	DE 10216013 A1	30-10-2003
			AU 2003240385 A1	27-10-2003
			WO 03086726 A1	23-10-2003
			DE 10391476 D2	03-03-2005
			EP 1494841 A1	12-01-2005
<hr/>				

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2005/000237

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B05D1/26 B29C41/12 B29C41/36

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 B05D B29C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 03/086726 A (GENERIS GMBH; HOECHSMANN, RAINER; KUDERNATSCH, ALEXANDER) 23. Oktober 2003 (2003-10-23) in der Anmeldung erwähnt Absatz '0025!; Ansprüche; Abbildung C -----	1,9, 16-18

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. Mai 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

30/05/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Polesak, H

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2005/000237

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 03086726 A	23-10-2003	DE 10216013 A1	30-10-2003
		AU 2003240385 A1	27-10-2003
		WO 03086726 A1	23-10-2003
		DE 10391476 D2	03-03-2005
		EP 1494841 A1	12-01-2005
